

Sistem Water Level Control Untuk Budidaya Ikan Gurame Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler

Sriani¹, Franindya Purwaningtyas²

¹ Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Ilmu Komputer

² Fakultas Ilmu Sosial, Program Studi Ilmu Perpustakaan

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Email: sriani@uinsu.ac.id, franindya@uinsu.ac.id

Abstrak

Teknologi otomatisasi sistem kendali dan mikrokontroler merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mendeteksi kondisi air dan ketinggian air serta sistem untuk mengendalikan pompa air secara otomatis. Adapun proses otomatisasi dalam pengatur ketinggian air ini sangat penting agar dapat menghemat kebutuhan air pada kolam ikan. Dalam penelitian ini dibuatlah teknologi otomatisasi menggunakan logika fuzzy berbasis mikrokontroler, untuk sistem pendeteksi kondisi air dan ketinggian air serta sistem untuk mengendalikan pompa air, yang dapat diatur secara otomatis sesuai batas atas (maximal) dan batas bawah (minimal) serta dapat melakukan penggantian air kolam secara otomatis apabila air kolam sudah keruh.

Kata Kunci : Air, Logika Fuzzy, Mikrokontroler

Abstract

Control system automation technology and microcontroller is one way that is used to detect water conditions and water levels as well as a system to automatically control a water pump. The process of automation in regulating water levels is very important in order to save water requirements in fish ponds. In this study, automation technology was made using microcontroller-based fuzzy logic, for a system of detecting water conditions and water levels and a system for controlling water pumps, which can be adjusted automatically according to the upper limit (maximal) and lower limit (minimum) and can replace pool water automatically when the pool water is cloudy.

Keywords: Water, fuzzy logic, microcontroller

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomatisasi sistem kendali dan mikrokontroler dan berbagai alat yang praktis dan efisien telah banyak diciptakan. Tujuan pembuatan berbagai alat tersebut yaitu untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari-hari, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah rutinitas yang dilakukan manusia secara umum di era modern seperti saat ini. Untuk menunjang hal tersebut perlu didukung adanya sarana maupun prasarana yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi yang ada. Penghematan energi menjadi hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Salah satu energi yang memegang peranan dalam kehidupan kita sehari-hari adalah air. Air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Peran tersebut dapat terlihat dari tingkat kebutuhan manusia dalam kegiatan sehari-harinya. Sebagai salah satu contoh, saat ini tingkat kebutuhan air semakin tinggi seiring dengan semakin tingginya tingkat pertumbuhan penduduk dunia.

Penggunaan air pada kolam ikan harus dikondisikan seefektif mungkin, agar dapat dilakukan proses penggantian air yang tepat. Artinya air kolam ikan diganti apabila kondisinya sudah keruh, sehingga tidak akan membuang-buang air yang kondisinya masih bersih. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara agar bisa memantau dan mengatur level volume air dalam kolam dan mengatur penggantian air kolam secara otomatis, serta sistem yang dapat mengendalikan pompa secara otomatis untuk mengalirkan air ke dalam bak kolam ikan tersebut.

Dalam penelitian ini dibuatlah teknologi otomatisasi untuk sistem pendeteksi kondisi air dan ketinggian air serta sistem untuk mengendalikan pompa air, yang dapat diatur secara otomatis sesuai batas atas (*maximal*) dan batas bawah (*minimal*) serta dapat melakukan penggantian air kolam secara otomatis apabila air kolam sudah keruh.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Definisi *Prototype*

Menurut Raymond McLeod, *prototype* didefinisikan sebagai alat yang memberikan ide bagi pembuat maupun pemakai potensial tentang cara sistem berfungsi dalam bentuk lengkapnya, dan proses untuk menghasilkan sebuah *prototype* disebut *prototyping*.

Ada 2 jenis *prototype*, antara lain:

1. *Evolutionary prototype*

Evolutionary prototype akan terus-menerus disempurnakan hingga mempunyai semua fungsi yang dibutuhkan *user* dari sistem yang baru. Kemudian barulah pembuatannya dilanjutkan. Jadi, *evolutionary prototype* nantinya akan menjadi sistem yang sesungguhnya.

2. *Requirements prototype*

Requirements prototype dikembangkan sebagai suatu cara untuk menentukan kebutuhan fungsional dari sistem yang baru ketika *user* tidak bisa menyampaikan secara eksplisit apa yang mereka inginkan. Dengan meninjau kembali *requirements prototype* selagi fitur-fitur ditambahkan, *user* bisa menetapkan proses yang dibutuhkan untuk sistem baru tersebut. Ketika semua kebutuhannya terpenuhi, *requirements prototype* sudah mencapai tujuannya dan proyek lain akan dibangun untuk mengembangkan sistem baru tersebut. Jadi, *requirements prototype* tidak akan menjadi sistem yang sesungguhnya.

2.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya juga telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Andapun bisa pula menulis hal-hal sebaliknya. Begitu pula jika Anda sudah mahir membaca dan menulis data maka Anda dapat membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai keinginan Anda.

Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.



Sensor ultrasonik ping adalah sensor 40 khz produksi parallax yang banyak digunakan untuk aplikasi atau kontes robot cerdas. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5 v dan ground. Perhatikan gambar dibawah ini :



1. Kisaran pengukuran 3cm-3m.

2. Input trigger –positive TTL pulse, 2uS min., 5uS tipikal.
3. Echo hold off 750uS dari fall of trigger pulse.
4. Delay before next measurement 200uS.
5. Burst indicator LED menampilkan aktifitas sensor.

2.4. Turbidity Sensor



Gambar 4. Turbidity Sensor

Merupakan Sensor yang digunakan untuk mengukur kualitas air, sensor ini mampu menentukan kualitas air yang keruh dan yang bersih.

2.5. Fuzzy Logic

Teori himpunan logika samar dikembangkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhitung tersebut, Zadeh mengembangkan sebuah himpunan *fuzzy*. Tidak seperti logika boolean, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang kontinu. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama.

2.6. Arduino Development Environment

Arduino *Development Environment* terdiri dari editor teks untuk menulis kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah *toolbar* dengan tombol-tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. Arduino *Development Environment* terhubung ke arduino board untuk meng-*upload* program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board. Perangkat lunak yang ditulis menggunakan Arduino *Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada editor teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi .ino. Area pesan memberikan informasi dan pesan error ketika kita menyimpan atau membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari Arduino *Development Environment* dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompilasi *sketch*. Pada sudut kanan bawah dari jendela Arduino *Development Environment* menunjukkan jenis board dan port serial yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan mengupload *sketch*, membuat, membuka atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan *serial monitor*.

2.6.1. Himpunan Fuzzy (Fuzzy Set)

Himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) adalah sekumpulan obyek x dimana masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membership function*) " μ " atau disebut juga dengan nilai kebenaran. Jika X adalah sekumpulan obyek dan anggotanya dinyatakan dengan x maka himpunan *fuzzy* dari A di dalam X adalah himpunan dengan pasangan anggota atau dapat dinyatakan dengan:

$$A = \{\mu_A(x) | x: x \in X. A(x) \in [0,1] \in R\}$$

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$. Namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kasus-kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* MUDA adalah 0,9 maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya

nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir muda. Dilain pihak, nilai probabilitas 0,9 muda berarti 10 % dari himpunan tersebut tidak muda (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 5, 10, 15 dan sebagainya.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dan lain-lain.
2. Himpunan *fuzzy*
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang memiliki suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: Variabel temperature terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.
3. Semesta Pembicaraan
Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh semesta pembicaraan:
 - a. Semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 +\infty]$
 - b. Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[0 40]$
4. Domain
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Semesta halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh domain himpunan *fuzzy*:
 - a. DINGIN = $[0, 20]$
 - b. SEJUK = $[15, 25]$
 - c. NORMAL = $[20, 30]$
 - d. HANGAT = $[25, 35]$
 - e. PANAS = $[30, 40]$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan serta perancangan alat adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
Pada tahap ini pengumpulan data dilakukan dengan mempelajari literatur yang berhubungan dengan perancangan alat dan komponen pendukung lainnya, pemahaman tentang logika fuzzy yang menjadi dasar teknologi untuk diterapkan pada sistem pengendali water level control untuk budidaya ikan gurame pada kolam terpal.
2. Perancangan perangkat keras
Rangkaian yang akan dirancang meliputi rangkaian sistem mikrokontroler, rangkaian pengendali sensor dan komponen lainnya pada alat yang akan dibuat.
3. Perancangan perangkat lunak
Setelah perancangan perangkat keras yang meliputi sistem mikrokontroler dan sensor selesai maka akan dilakukan perancangan perangkat lunak yang terdiri dari diagram alir dan listing program.
4. Pengujian alat
Setelah perangkat keras dan perangkat lunak selesai dibuat, maka tahap berikutnya adalah pengujian alat. Jika hasil pengujian tidak sesuai dengan yang diharapkan, akan dilakukan perbaikan hingga tujuan utama dapat tercapai.

3.2. Analisa Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisa kebutuhan sistem adalah dengan menganalisa kebutuhan informasi fungsi sistem yaitu berupa proses – proses yang terjadi terhadap sistem dan kebutuhan non fungsi yaitu kebutuhan yang harus dipenuhi

untuk perilaku sistem. Kebutuhan perilaku berkaitan dengan kebutuhan operasional, dan kinerja sistem. Untuk mendapatkan kebutuhan tersebut diperlukan teknik pengumpulan kebutuhan dengan wawancara, observasi dan analisis dokumen.

3.3. Pemodelan dan Perancangan Sistem

Perancangan yang dilakukan adalah dengan menggunakan pemodelan diagram *flowchart* untuk menunjukkan kerja metode fuzzy dalam mengatur ketinggian dan kekeruhan air.

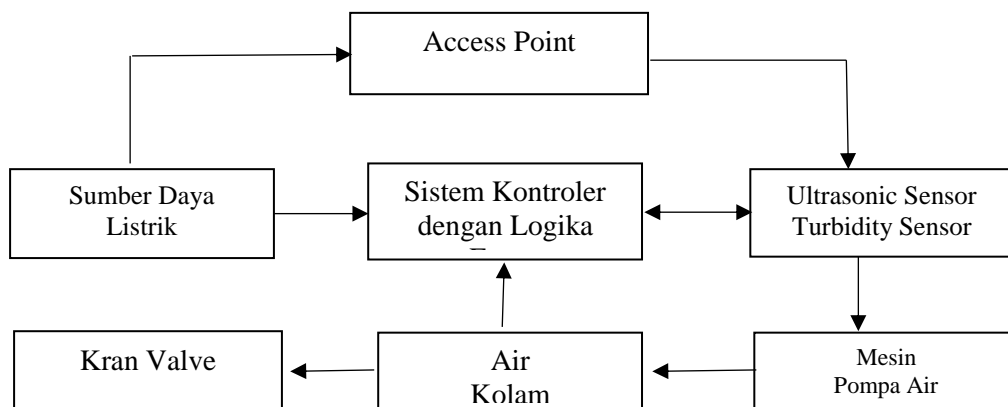
3.4. Testing Prototype Sistem

Pada tahap ini dilakukan testing terhadap sistem yang telah diimplementasikan menggunakan bahasa C dan tools *Arduino Development Environment*. Tahapan pengujian dimulai dengan menguji alat dan sistem. Hal tersebut dilakukan berulang - ulang hingga alat dan sistem dapat berjalan dengan sempurna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arsitektur Sistem

Pada diagram blok pada gambar 3.1 merupakan gambar keseluruhan sistem pengatur ketinggian air menggunakan logika fuzzy yang menjelaskan tentang alur kerja keseluruhan sistem.

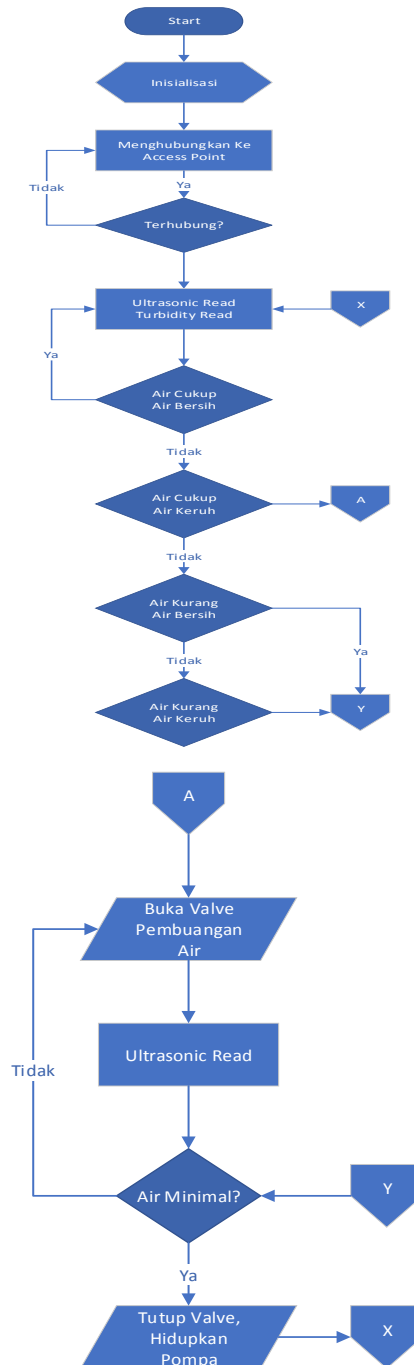


Gambar 5. Arsitektur Sistem Water Level Control

4.2. Perancangan Fuzzy

Perancangan sistem menggunakan metode *fuzzy* memerlukan beberapa tahap agar keputusan yang menjadi output dari sistem sesuai dengan perhitungan metode *fuzzy*. Tahap tersebut adalah fuzzifikasi, inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Pada gambar 4 menunjukkan bahwa tahapan pada kontrol fuzzy memiliki fungsi yang saling berhubungan dengan tahapan yang lain sehingga tahapan yang dihasilkan akan menjadi input dari tahapan berikutnya sampai menjadi output akhir dari sistem. Berikut ini adalah gambar perancangan sistem kerja alat menggunakan metode fuzzy.

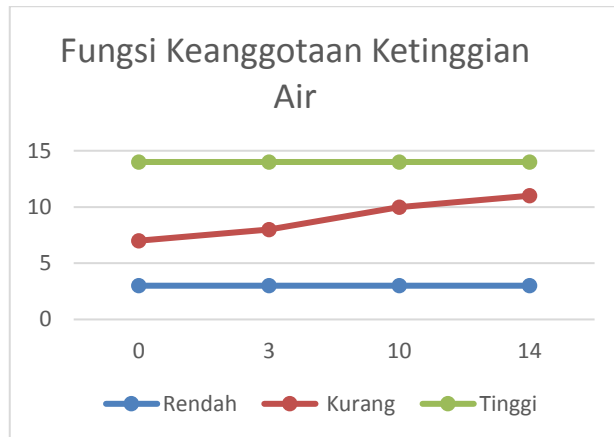
4.3 Cara Kerja Sistem



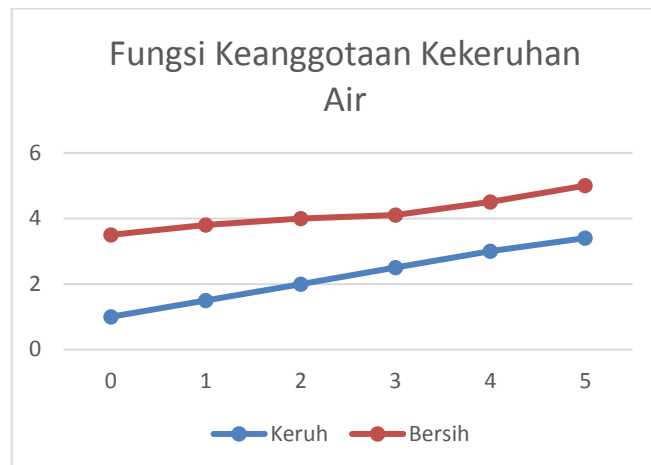
Gambar 6. Flowchart Kinerja Sistem Water Level Control

Adapun berdasarkan *flowchart* diatas cara kerja sistem pengendali *water level control* pada tahap awal mulai sistem bekerja terjadi proses inisialisasi dan sistem akan otomatis terhubung ke Access Point melalui Wireless AP Outdoor jika terhubung maka secara otomatis ultrasonic sensor dan turbidity sensor akan membaca kondisi alam dan mengecek kondisi air. Dalam hal ini maka metode fuzzy akan mengkondisikan proses sistem pada air, dimana jika air cukup dan air bersih maka ultrasonic sensor dan turbidity sensor akan membaca kondisi ketinggian dan kekeruhan air dan dalam kondisi ini maka kran valve tidak akan terbuka. Jika kondisi air cukup dan air keruh maka secara otomatis kran valve akan terbuka dan membuang air yang ada dikolam hingga air yang tersisa dikolam tinggal 3 cm kemudian kran valve akan tertutup dan pompa air akan hidup secara otomatis dan air pada tangki akan mengalirkan air ke kolam ikan hingga ketinggian air mencapai 14 cm dan jika sudah sesuai maka pompa akan mati. Kemudian jika air kurang dan air bersih maka dengan otomatis pompa air pada tangka akan hidup dan secara otomatis akan mengalirkan air sampai mencapai batas maksimal air. Kemudian Jika air kurang dan air keruh maka secara otomatis kran valve akan terbuka dan membuang air yang ada dikolam hingga air yang

tersisa dikolam tinggal 3 cm kemudian kran valve akan tertutup dan pompa air akan hidup secara otomatis dan air pada tangki akan mengalirkan air ke kolam ikan hingga ketinggian air mencapai 14 cm dan jika sudah sesuai maka pompa akan mati. Pada proses fuzzifikasi adalah proses pembuatan fungsi keanggotaan dari bilangan real. Keluarannya berupa variabel linguistik yang membedakan tiap kondisi yang ada berdasarkan nilai range. Variabel ketinggian air, memiliki 3 variabel linguistik yaitu: air rendah, air kurang, air tinggi, dan pada variabel untuk kualitas kekeruhan air terdapat 2 variabel linguistik yaitu: air bersih dan air keruh. Berikut ini adalah gambar variabel ketinggian air dan variabel kekeruhan air:

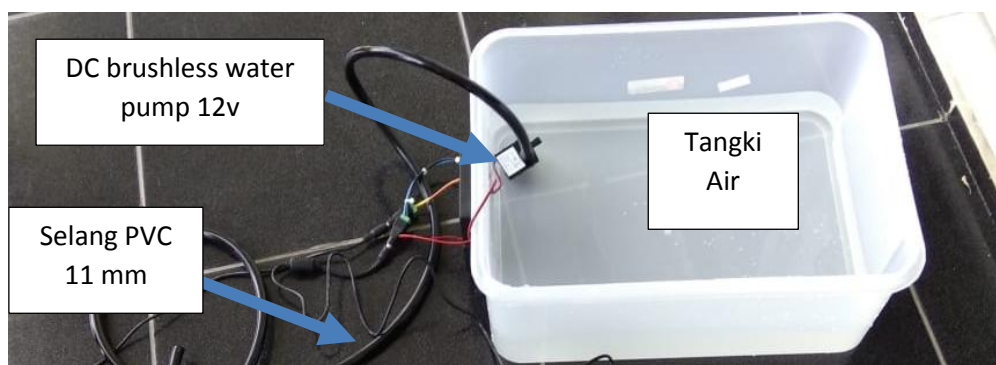


Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air

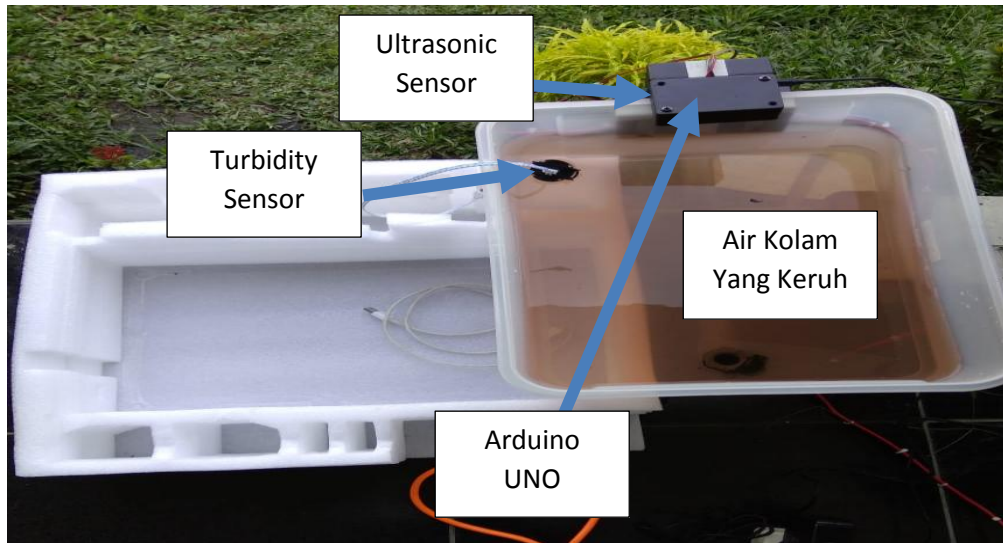


Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Kekeruhan Air

4.4 Hasil Penelitian



Gambar 9. Prototype Tangki Air



Gambar 10. Prototype Kolam Ikan yang dilengkapi dengan Ultrasonik dan Turbidty Sensor

4.5. Analisis Sistem

Untuk sistem kerja yang ada pada sistem pengendali water level control untuk budidaya ikan gurame pada kolam terpal menggunakan logika fuzzy berbasis mikrokontroler diatas adalah terdapat turbidity sensor yang bekerja dengan range 0 s/d 5 volt. Dimana jika kondisi air yang keruh berada pada $\leq 3,5$ volt maka air dianggap keruh, maka sistem akan membaca secara otomatis keadaan air dan air akan otomatis terbuang dan kemudian terisi dengan air yang bersih. jika kondisi air berada $\geq 3,5$ volt maka dalam kondisi ini air masih dianggap bersih. Adapun air yang diukur ketinggiannya adalah 14 cm dan apabila air tersebut keruh maka otomatis kran akan terbuka dan membuang air yang keruh tersebut hingga air yang tinggal di dalam bak kolam tinggal 3 cm ketinggiannya.

5. KESIMPULAN

1. Sistem pengendali *water level control* dapat dilakukan dengan mekanisme sederhana seperti pada prototipe simulasi ini. Hal ini dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih baik lagi dimana dapat diterapkan langsung pada kolam ikan yang pastinya dengan adanya sistem pengawasan yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler akan memudahkan pemilik kolam ikan dalam mengembangkan usahanya.
2. Perancangan dan implementasi sistem yang dapat mengontrol ketinggian air memanfaatkan metode fuzzy pada kolam berdasarkan ketinggian air dan kondisi kekeruhan air berhasil dirancang dan diimplementasikan. Terbukti sistem mampu membaca ketinggian air, kekeruhan air dan megolah data tersebut menggunakan metode fuzzy.
3. Pada proses perancangan sistem pengendali water level control turbidity sensor yang bekerja dengan range 0 s/d 5 volt. Dimana jika kondisi air yang keruh berada pada $\leq 3,5$ volt maka air dianggap keruh, maka sistem akan membaca secara otomatis keadaan air dan air akan otomatis terbuang dan kemudian terisi dengan air yang bersih. jika kondisi air berada $\geq 3,5$ volt maka dalam kondisi ini air masih dianggap bersih. Adapun air yang diukur ketinggiannya dengan menggunakan sensor ultrasonic adalah 14 cm dan apabila air tersebut keruh maka otomatis kran akan terbuka dan membuang air yang keruh tersebut hingga air yang tinggal di dalam bak kolam tinggal 3 cm ketinggiannya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Tegar Assyidiqi Nugoro dkk, Kontrol Ketinggian Air pada Budidaya Ikan dan Tanaman Yumina Bumina Menggunakan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 7, Juli 2018, hlm. 2730-2737, Universitas Brawijaya.
- Abdul Zulkifli dkk, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jurnal Perancangan Perangkat Pendeteksi Ketinggian Air Bak Pembenihan Ikan Nila Berbasis Mikrokontroler dan Web, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Andrianto, Heri. 2008. Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega 16. Bandung Informatika.
- Dian Artanto. *Merakit PLC dengan Mikrokontroller*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Goldsmid, J.H. 2009. Introduction to Thermoelectricity.
- Yusmar Palapa Wijaya, Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 13, No.1, Desember 2015, pp.79-82, ISSN 1693-2390 print/ISSN 2407-0939 online, Simulasi Pengendalian Volume Tangki Menggunakan LabVIEW dan Arduino UNO, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Caltex Riau , Jl. Umbansari no.1 Umbansari – Rumbai, Pekanbaru, 28265.
- Steven Bandong dkk, Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Ketinggian Air Untuk Pemijahan Ikan Dengan Menggunakan Logika Fuzzy, Program Studi Fisika, FMIPA, UNSRAT Manado.
- <http://awaysidik.blogspot.com/2013/07/metode-prototyping-menurut-raymond.html>
- Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 7, Juli 2018, hlm. 2730-2737, Universitas Brawijaya.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Diagram_alir , SEVOCAB: Software and Systems Engineering Vocabulary. Term: Flow chart. Retrieved 31 July 2008.